



Fundación para la
Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Invernadero Calefaccionado para Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique

HORTALIZAS Y TUBÉRCULOS



Proyecto de Innovación en
Región de Aysén





1 3 1



Fundación para la
Innovación Agraria

RESULTADOS Y LECCIONES EN

Invernadero Calefaccionado para Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique



Proyectos de Innovación en
Región de Aysén

Valorización a junio de 2017



Agradecimientos

En la realización de este trabajo agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto “Prototipo de Invernadero con Sistema de Calefacción para la Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique”.

En especial al señor Ricardo Riquelme de la Sociedad Comercial Agrícola, Ganadera y Forestal El Palenque Ltda., ejecutora del proyecto; y a quienes participaron en los talleres de levantamiento de información y validación de resultados, identificados en el cuarto anexo de este documento.

Extendemos además los agradecimientos a los profesionales de FIA, señores Fernando Arancibia y Vilma López, por su acompañamiento técnico, financiero y administrativo durante el desarrollo del proyecto.

A todos ellos un reconocimiento por su valioso aporte en la ejecución y análisis de esta experiencia.

Resultados y Lecciones en

Invernadero Calefaccionado para Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique

Proyecto de Innovación en Region de Aysén

Serie **Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario**

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 283.469

ISBN 978-956-328-206-1

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Jorge Leiva Valenzuela, Consultora Profesional Agraria Sur

Jaime Ramírez Rosas, Consultora Profesional Agraria Sur

REVISIÓN DEL DOCUMENTO Y APORTES TÉCNICOS

Rodrigo Gallardo y Gabriela Casanova, Fundación para la Innovación Agraria

EDICIÓN DE TEXTOS

Amy Bardi Pineda

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN

Gráfica Barclau

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) dispone de un relevante y considerable conocimiento e información relativa a los resultados generados tras la ejecución de las distintas iniciativas de innovación agraria que ha apoyado. La valorización o puesta en valor de los resultados más promisorios de los proyectos permite facilitar la difusión, transferencia y la adopción por parte del sector productivo para emprender nuevos negocios, implementar alternativas productivas y consolidar aquellas que están en desarrollo, a través de mejoras en materia tecnológica, comercial, de gestión y asociatividad.

FIA también incorpora aquellas experiencias que por distintas razones no obtuvieron los resultados esperados y aquellas que, a pesar de tener perspectivas de mercado interesantes, deben abordar aún algunas etapas fundamentales para llevar a cabo con éxito su desarrollo y consolidación a nivel comercial. Estos resultados son parte del riesgo que conlleva el financiamiento de proyectos de innovación agraria y también deben ser transferidos como un aprendizaje que sirve para nuevos emprendimientos o nuevas iniciativas de innovación que se quiera desarrollar.

Para abordar este desafío, FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto **“Prototipo de invernadero con sistema de calefacción para la producción temprana de hortalizas en Coyhaique”**. Este proyecto tuvo como objetivo reducir la estacionalidad de la producción de hortalizas mediante el diseño, construcción y validación de un prototipo de invernadero calefaccionado para producir hortalizas en época fría, que permita alcanzar al menos una producción adicional en la temporada.

María José Etchegaray Espinosa
Directora Ejecutiva FIA

Contenidos

Presentación	5
Introducción	9

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas.....	11
1. Antecedentes	11
2. Base conceptual de la tecnología	12
3. Valor de la herramienta tecnológica desarrollada	14
4. La innovación tecnológica.....	16
5. Conveniencia económica para el productor.....	17
5.1. Producción y mercado regional.....	17
5.2. Plan de negocios y estrategia de implementación del productor	23
5.3. Gestión.....	23
5.4. Proyecto productivo y de inversión	25
5.5. Rentabilidad esperada	28
6. Claves de viabilidad.....	29
7. Asuntos por resolver	29

Sección 2. El proyecto precursor.....	31
1. Entorno económico y social.....	31
2. Características generales.....	35
3. Resultados	37
4. Situación del productor hoy	39

Sección 3. El valor del proyecto	41
---	-----------

Sección 4. Anexos	
1. Estructura de ingresos y costos de un invernadero normal y mejorado	45
2. Tipos de invernaderos usados en la Región de Aysén.....	47
3. Participantes del proceso de validación.....	51
4. Bibliografía y antecedentes.....	52



Introducción

La presente publicación pone en valor los resultados del proyecto **“Prototipo de invernadero con sistema de calefacción para la producción temprana de hortalizas en Coyhaique”**, iniciativa que fue apoyada y financiada por FIA y el Gobierno Regional de Aysén, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional, con la finalidad de contribuir al desarrollo hortícola de la región. Para ello se trabajó en el diseño y validación de un prototipo de invernadero calefaccionado, con la finalidad de abastecer el mercado local con hortalizas de hojas frescas fuera de temporada. Por lo tanto, entonces, el trabajo se orientó comercialmente a romper con la estacionalidad de la oferta de hortalizas regionales, que se limita al período comprendido entre finales de septiembre y abril, pudiendo lograr al menos una producción adicional en el año.

El documento está estructurado en tres secciones principales. La primera de ellas, Resultados y Lecciones Aprendidas, tiene como finalidad proveer una visión sistematizada del nuevo servicio o herramienta tecnológica que derivó de los resultados y aprendizajes generados en el proyecto. En su desarrollo, esta visión contiene los elementos que permiten a los productores interesados apreciar si la opción responde a sus necesidades y permite mejorar o hacer más eficientes sus procesos productivos y de gestión.

La segunda sección consiste en la descripción de los Proyectos Precursores, donde se ilustran las experiencias que condujeron a la validación y sistematización de la herramienta tecnológica evaluada, como forma de exponer el entorno, metodologías y aplicaciones prácticas que le dieron origen.

Finalmente, considerando el análisis realizado en la primera y segunda sección del documento, en una tercera, denominada Valor del Proyecto, se resumen los aspectos más relevantes y determinantes del aprendizaje para la viabilidad futura de la innovación realizada.

Se espera que esta información, sistematizada en la forma de una “innovación aprendida”,¹ aporte a los interesados elementos clave respecto de los beneficios del uso o incorporación de nuevos servicios y herramientas tecnológicas desarrolladas.

¹ **“Innovación aprendida”**: análisis de los resultados de proyectos orientados a generar un nuevo servicio o herramienta tecnológica. Este análisis incorpora la información validada del proyecto precursor, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de los beneficios económicos de su utilización en el sector.

Resultados y lecciones aprendidas

► 1. Antecedentes

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas en la ejecución del proyecto precursor,² denominado “Prototipo de invernadero con sistema de calefacción para la producción temprana de hortalizas en Coyhaique”.

El proyecto se realizó en el sector de Lago Frío, en las cercanías de la ciudad de Coyhaique, entre junio de 2013 y noviembre del 2014. Su ejecutor fue la Sociedad Comercial Agrícola, Ganadera y Forestal El Palenque Ltda., empresa familiar creada en julio de 2012, dedicada a la producción y comercialización de papas y hortalizas de hoja en la Región de Aysén.



² “Proyecto precursor”: proyecto de innovación a escala piloto financiado e impulsado por FIA, cuyos resultados fueron evaluados a través de la metodología de valorización de resultados desarrollada por la fundación, análisis que permite configurar la innovación aprendida que se da a conocer en el presente documento. Los antecedentes del proyecto precursor se detallan en la Sección 2.

► 2. Base conceptual de la tecnología

El proyecto se formuló desde la constatación que, para la prolongación de la temporada productiva, es imprescindible el uso de invernaderos que en épocas más frías (riesgo de heladas) permiten que haya producción. Si bien es una inversión importante, se construyó de manera muy sencilla y evidenció que es posible aumentar el número de rotaciones o ciclos productivos, como también los volúmenes de hortalizas producidas e ingresos totales en relación a los invernaderos tradicionales de la región.

La base conceptual de la tecnología de invernadero se sustenta en generar un sistema con mayor eficiencia energética que permita obtener productos hortícolas durante todo el año y, a la vez, posibilite contar con especies hortícolas en el menor tiempo posible y con mayor rentabilidad que los sistemas tradicionales. Para ello, se evaluó un invernadero³ de 240m² de superficie, con una estructura de material de acero galvanizado conocido como “Metalcon®”,⁴ cubierta de policarbonato alveolar de 6 mm en doble capa y calefaccionado por una red de tuberías con aguas subterráneas.

Las láminas de policarbonato alveolar son planchas translúcidas con características extraordinarias en cuanto a resistencia mecánica, bajo peso y translucidez, con las cuales se logra una adecuada transmisión de luz y temperatura. El diseño de la cubierta es a dos aguas, de 8 metros de ancho x 30 metros de largo, y se estableció sobre una base de cimiento corrido de hormigón armado, en la que se anclaron los perfiles para la tabiquería de Metalcon® y el sistema de cerchas autosoportantes en el mismo material.

Foto 1. Vista del invernadero finalizando su construcción



Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.

³ El diseño del invernadero se realizó con la asesoría de una empresa especializada en arquitectura y construcción.

⁴ El sistema constructivo METALCON® de la empresa Cintac S.A.I.C. está compuesto por perfiles de acero galvanizado para distintas aplicaciones estructurales, de tabiques divisorios y construcción de cielos. Las propiedades y ventajas del sistema Metalcon® permiten una solución constructiva modular y de fácil ampliación.

Foto 2. Vista frontal del invernadero en período invernal



Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.

Adicionalmente, el prototipo de invernadero incluye la incorporación de un sistema de calefacción activa para suplir los requerimientos de las hortalizas en meses invernales, el que se basa en agua caliente, sustentado en el principio de termosifón, que consiste en conducir un caudal de agua caliente, generado por una caldera, a través de una tubería, de manera que a lo largo de su recorrido caliente el recinto por radiación, regresando a su lugar de origen, es decir, a la caldera, a una temperatura inferior a la que salió.

Foto 3. Vista de tuberías del sistema de calefacción del invernadero



Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.

► 3. Valor de la herramienta tecnológica desarrollada

La producción local de hortalizas se divide en dos grandes grupos: cultivos al aire libre, principalmente hortalizas de tallo o raíz como papas, zanahorias, betarragas y ajos; y cultivos bajo invernadero, principalmente hortalizas de hoja, como lechuga, cilantro, espinaca, acelga, perejil y *ciboulette*.

Entre las dificultades identificadas para el desarrollo de este rubro en la Región de Aysén destaca el limitado período de producción hortícola, que se concentra casi exclusivamente entre primavera y verano, estaciones que reúnen mejores condiciones de clima, agrupando la oferta entre los meses de septiembre y abril.

Es por ello que se busca la oportunidad de poder prolongar el período de producción de hortalizas, ya sea mediante la incorporación de nuevas especies y/o cultivares apropiados para producción en épocas más adversas, como también introduciendo y validando tecnologías adecuadas para el mejoramiento de las características de los invernaderos con la finalidad de generar y mantener mayor temperatura que se ajuste a los requerimientos de las hortalizas cultivadas.

En este proyecto, una de las innovaciones importantes en relación a los invernaderos existentes en la región fue la incorporación de calefacción subterránea, la cual permitió extender el período productivo a través del año y lograr ciclos más cortos desde el establecimiento a cosecha de distintas especies de hortalizas de hoja.

Foto 4. Vista del invernadero nuevo y los tradicionales en el predio del proyecto

Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.



La mayor parte de los invernaderos tradicionales existentes en la Región de Aysén se construyen a partir de materiales que se encuentran disponibles en el mercado local, gran parte utiliza madera impregnada o sin impregnar y cubiertas de polietileno UV. Este tipo corresponde a sistemas de baja inversión que permiten alargar el período productivo, logrando el desarrollo de hortalizas en 4 a 6 meses adicionales a la condición natural, aunque no logran producir en período invernal. También existen, en menor escala que los tradicionales,

invernaderos con estructuras de acero galvanizado con distintos modelos, todos ellos con cubiertas de polietileno (Ver **Anexo 2**, tipos de invernaderos usados en la región).

Los invernaderos posibilitan una mayor diversificación en el tipo y variedades de hortalizas, pudiendo desarrollarse especies de hoja (lechuga y cilantro) y otras hortalizas (espinaca y acelga) que amplían la oferta de productos frescos a través del año, lo que permite que los horticultores generen mayores ingresos. Sin embargo, no existe un prototipo validado para la zona, por lo que es común observar invernaderos de variadas formas, dimensiones y disposiciones que técnicamente no son eficientes en términos de conservación de temperaturas homogéneas al interior, lo que trae consigo problemas comunes en la producción de las hortalizas a nivel local, como la “subida” prematura de las hortalizas y letargo de las semillas en la producción de almácigos debido a las excesivas temperaturas en verano. Por el contrario, las bajas temperaturas invernales inhiben el desarrollo de las hortalizas, por lo que es muy común que los horticultores dejen los invernaderos desocupados durante esos meses.

Cabe señalar también que otro de los efectos relevantes de no generar hortalizas durante todo el año se vincula a la dificultad de mantener mano de obra o trabajadores especializados en forma permanente. En este sentido, lo que normalmente ocurre es que estos trabajadores aprenden el oficio de horticultores, pero a la postre buscan otros empleos con mayor estabilidad laboral.

En resumen, contar con infraestructura predial inadecuada, como naves de invernadero, materiales de cubiertas, tecnología de riego, entre otras, muchas veces genera más problemas que soluciones, y es por ello que introducir, estudiar y validar tecnologías adecuadas para las particulares condiciones agroclimáticas de la Región de Aysén se hacía muy necesario.

Foto 5. Invernadero tradicional hecho con coligües

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017



► 4. La innovación tecnológica

El prototipo de invernadero mejorado está diseñado para el cultivo de hortalizas en condiciones ambientales extremas, es decir, climas fríos con temperaturas bajo 0°C, fuertes vientos y precipitaciones nivales; por tal razón, el modelo cobra especial valor en la Región de Aysén y en otras zonas donde existen dichas condiciones climáticas, como Magallanes.

Para producir hortalizas en forma eficiente en zonas con tales características climáticas, el uso de invernaderos en ambientes forzados es la única manera de extender la temporada productiva y generar productos con ciclos de crecimiento más reducidos.

Es importante para la región identificar las mejores alternativas tecnológicas de ambientes forzados que permitan desarrollar una horticultura adaptada a las condiciones locales y con una oferta constante y variada durante el año. Es por ello que el prototipo de invernadero mejorado con calefacción subterránea, estructura de Metalcon y cubierta de policarbonato representa una importante contribución al desarrollo de la horticultura regional, al permitir extender el período productivo y cultivar hortalizas en condiciones del entorno con temperaturas más bajas que en invernaderos convencionales.

Los principales atributos y aporte del prototipo de invernadero mejorado en relación a los invernaderos tradicionales fueron:

- Incorporación de un sistema de calefacción al suelo a través de una red tuberías que distribuye agua caliente. Esta innovación se considera más eficiente que calentar el medio ambiente al interior del invernadero ya que logra no solo elevar la temperatura del piso, sino que el calor se irradia al ambiente próximo al suelo.
- El uso de estructura metálica permite mayor duración y soportar condiciones climáticas extremas como fuertes granizos, vientos y precipitaciones líquidas o sólidas.
- El uso de una cubierta de policarbonato alveolar permite una mejor aislación y duración que los polietilenos utilizados en invernaderos convencionales.

Foto 6. Vista interior del prototipo de invernadero mejorado



Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.

► 5. Conveniencia económica para el productor

El mercado hortícola en el que participan los horticultores de la Región de Aysén se caracteriza por ser de cadena corta de comercialización, ya que la norma es que comercialicen sus productos directamente con los supermercados locales, ferias hortícolas, restoranes, verdulerías, casinos u otros, y deben proveerlos en forma diaria e incluso varias veces al día, lo cual da claras ventajas a aquellos horticultores que se encuentran próximos a estos centros de consumo. Este tipo de productores tiene un mayor nivel de especialización y desarrollan una horticultura de tipo intensiva; no obstante, son pocos los horticultores con mayor nivel de profesionalización y no llegarían a más de cinco.

Los puntos de venta de hortalizas en Coyhaique son principalmente los supermercados, verdulerías y ferias de la zona (La Palestina, La Damasca, etc.) y la Feria Hortícola Regional, lugar donde el productor vende directamente al consumidor, ahorrándose al intermediario. Todos aquellos lugares que comercializan frutas y verduras requieren de la producción regional, siendo los principales requisitos de entrega que la hortaliza sea uniforme en tamaño, recién cosechada y que se mantenga una entrega constante en el tiempo.

Los horticultores regionales tienen ventajas competitivas en relación a los provenientes de la zona central de Chile, por dos aspectos fundamentales: pueden ofrecer productos más frescos y tienen menores costos de transacción comercial. Se estima que estas ventajas se mantendrán en el tiempo con la ayuda de nuevas tecnologías.

A continuación se presentan los antecedentes técnicos de mercado y de gestión, en el marco de los cuales el productor ejecutó el proyecto, así como también los indicadores y resultados económicos que obtuvo con el desarrollo de esta iniciativa.

5.1. Producción y mercado regional

La producción de hortalizas posee mucho potencial ya que existe demanda insatisfecha, el consumidor final la prefiere y, a pesar de las limitantes climáticas, es posible producir mayores volúmenes, tamaños uniformes y de manera constante. Esta actividad depende en forma directa de las condiciones climáticas, pues influyen sobre la producción, tanto en cantidad y en el número de ciclos productivos que se pueden obtener durante la temporada productiva. Además, incide en la calidad porque influye sobre el tamaño final del producto en cada uno de los cultivos establecidos.

Las condiciones climáticas de la región representan un factor limitante de gran importancia, ya que, dependiendo de la rigurosidad de cada temporada agrícola y en período de invierno - primavera, la oferta de productos presenta oscilaciones significativas que inciden fuertemente en el mercado, ya que existen cuatro meses de alta producción y luego uno o

dos donde desciende fuertemente. La temporada productiva es de solo seis a ocho meses, dependiendo del año, la especie y de la localidad. Al respecto, en los valles hortícolas más importantes de la región se presentan condiciones de temperatura extrema en períodos invernales tal como se expresa en los cuadros siguientes (1 y 2).

Cuadro 1. Temperatura mínima absoluta Zona Agroclimática El Claro

Mes	2012	2013	2014	2015	2016
Mayo	-2.1	-2.2	-3.7	-3.3	-4.1
Junio	-10	-2.1	-3.5	-6.5	-5.3
Julio	-5.3	-7.9	-8.5	-5.8	-6.7
Agosto	-4.6	-8.9	-1	-2.7	-7

Fuente: Agromet.inia.cl

Cuadro 2. Temperatura mínima absoluta Zona Agroclimática Valle Simpson

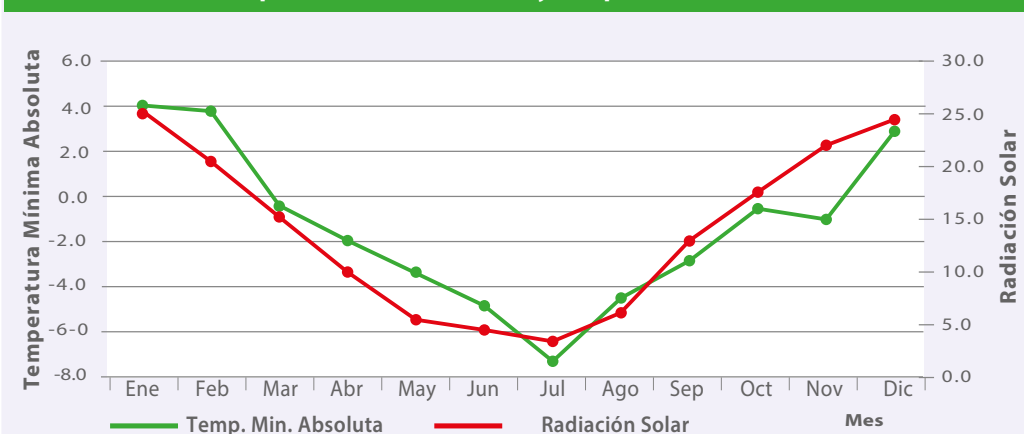
Mes	2012	2013	2014	2015	2016
Mayo	-2.5	-2.5	-3.65	-3.4	-5.1
Junio	-12	-2.4	-4	-6.1	-6.5
Julio	-5.1	-9.5	-9.7	-5.6	-6.2
Agosto	-5.4	-11.7	-1.1	-3.6	-3.8

Fuente: Agromet.inia.cl

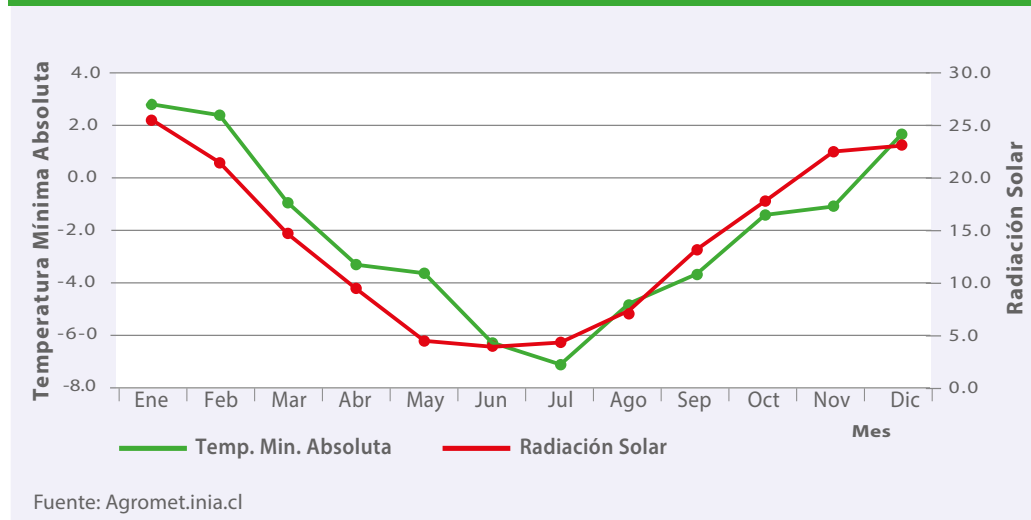
Otro factor a considerar es la radiación que condiciona la fotosíntesis requerida por estas especies de hortalizas de hoja.

En la zona de Coyhaique existen dos grandes áreas que concentran la mayor superficie destinada a la producción de hortalizas bajo plástico, la zona de El Claro y Valle Simpson. En los gráficos 1 y 2 se presentan los valores promedio de radiación y temperatura mínima absoluta de las últimas cinco temporadas.

Gráfico 1. Valores promedio de radiación y temperatura mínima sector El Claro



Fuente: Agromet.inia.cl

Gráfico 2. Valores promedio de radiación y temperatura mínima sector Valle Simpson

Como se aprecia en los gráficos anteriores, la radiación solar que llega al suelo y es reflejada dentro de los invernaderos como luz difusa, presenta altos niveles de radiación fotosintéticamente activa desde mediados del mes de septiembre hasta mediados o fines de abril; es decir, durante los meses de junio, julio y agosto la radiación es muy baja, asociado a la mayor nubosidad propia de los meses de invierno de la Región de Aysén.

En invierno, a las escasas horas de luz se suman las bajas temperaturas que afectan significativamente el desarrollo de las especies de hoja, por ende, se restringen las alternativas de producción a especies de mayor resistencia a bajas temperaturas como espinaca, cilantro y col china, las cuales se mantienen en estado de latencia, comenzando nuevamente su crecimiento durante el mes de agosto.

En la región, las variaciones térmicas durante el período invernal condicionan la posibilidad que en algunas temporadas se pueda prolongar la oferta de hortalizas frescas, como acelga y espinaca, hacia fines de junio. En los cuadros 1 y 2, que representan dos zonas agroclimáticas donde se concentran los principales productores de hortalizas de hoja bajo invernadero, se advierte que durante los meses de mayo a agosto se registran las mayores temperaturas mínimas absolutas. Pero estas fluctúan y ha habido años de menor daño por bajas temperaturas, como el 2015 y 2016, donde lograron prolongar la oferta de lechugas y otras hortalizas; incluso lograron producir lechugas hacia fines de septiembre, es decir, se mantuvieron en el invernadero sin daño por bajas temperaturas.

Sin embargo, otros años las temperaturas registradas han sido inferiores a los 10 grados bajo cero, por tanto, es alta la incertidumbre de producir y mantener hortalizas de hoja durante los meses de invierno; lo normal es realizar la última cosecha de lechuga durante la

primera quincena de junio. No obstante, algunos productores establecen en menor cantidad col china, espinaca y cilantro, dado que resisten bajas temperaturas.

Dentro de los lugares de comercialización que existen en Coyhaique se encuentra el supermercado Unimarc, cuya información utilizaremos como referencia para señalar la situación del mercado de la hortaliza regional, debido a que es una empresa de gran importancia que exige altos estándares de calidad a sus proveedores de frutas y verduras, posee registros de la cantidad de hortalizas regionales que comercializa y presenta una tabla de precios fijos que paga al proveedor por cada cultivo. Como se expone a continuación, estos precios son significativamente mayores en comparación al precio que se paga por la misma hortaliza en otras zonas del país. Por ejemplo, en la zona de Coyhaique una lechuga “gran rapid”, que demora 50 días de trasplante a cosecha, se paga a productor a \$600. El supermercado Unimarc manifiesta que el volumen ofertado de hortalizas regionales por temporada está muy por debajo del necesario para abastecer la demanda de sus clientes.

En el siguiente cuadro se aprecia el volumen mensual para los meses de noviembre a abril, es decir, en los meses de plena producción, y la oferta existente para satisfacer dicha demanda.

Cuadro 3. Volumen mensual demandado y oferta de hortalizas plena temporada productiva		
Producto	Demanda (Unidades)	Oferta (Unidades)
Lechuga	9.000	5.000
Acelga	7.000	3.500
Cilantro	3.000	2.000
Espinaca	5.000	2.000
Perejil	2.000	800
Puerro	1.000	300
<i>Ciboulette</i>	1.000	300
Chicoria	3.500	1.500

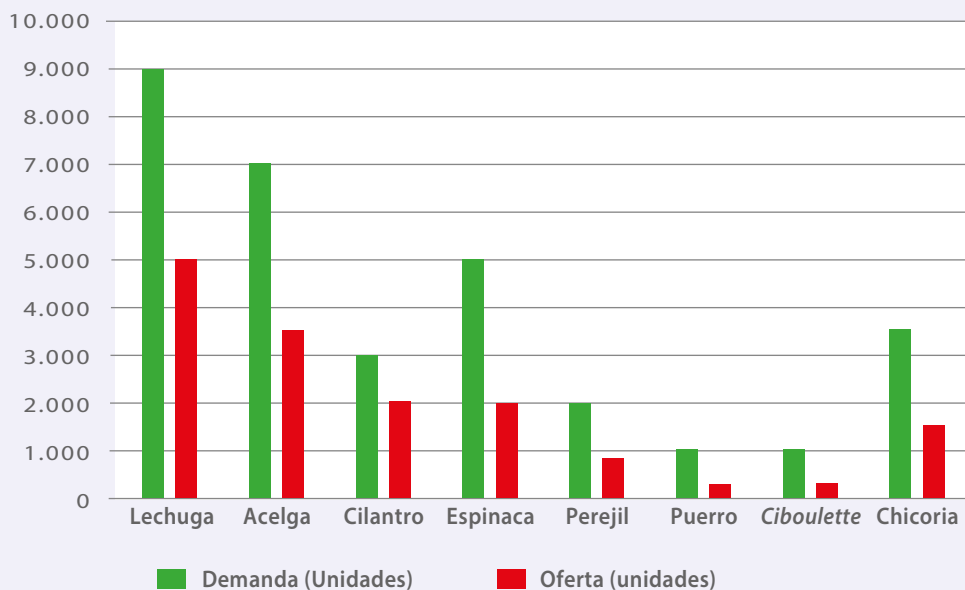
Fuente: Supermercado Unimarc. Coyhaique (2012).

De acuerdo a los datos proporcionados por esta empresa la oferta de hortalizas se concentra, casi en su totalidad, en los meses de verano, comienza lentamente en los meses de septiembre y octubre, para prácticamente desaparecer a fines del mes de abril. No existe registro de la oferta regional para los demás establecimientos que distribuyen hortalizas, así como de la demanda que requieren.

Como se observa en el siguiente gráfico, la oferta regional, en el *peak* de producción, no alcanza a suplir la mitad del volumen demandado por el supermercado.



Gráfico 3. Oferta y demanda regional de hortalizas, Supermercado Unimarc, 2012



Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017



5.2. Plan de negocios y estrategia de implementación del productor

El plan de negocios consideró abastecer principalmente el mercado de la ciudad de Coyhaique, fundamentalmente con hortalizas frescas de hojas. La experiencia comercial del negocio fue ejecutado íntegramente por una unidad familiar (ejecutor).

La estrategia de implementación para un negocio de estas características se enfoca en la mantención de una oferta constante de hortalizas a través del año, de tal modo de satisfacer los requerimientos de los clientes con productos frescos y de calidad; un modelo que permita competir en forma ventajosa con sistemas productivos que generan hortalizas en la zona central del país y la comercializan en la Región de Aysén. En consecuencia, las ventajas comparativas y competitivas de los productores de hortalizas locales se basan en productos más frescos y con menores costos de transporte.

Las innovaciones tecnológicas implementadas en el proyecto precursor han permitido extender el período de oferta de productos hortícolas, especialmente hortalizas de hojas, tal como cilantro y lechugas.

El modelo posibilita generar una oferta constante de hortalizas la mayor parte del año, salvo durante el mes de julio donde la restricción está dada por el menor período de luminosidad y no por la falta de temperatura, factor que está solucionado por el sistema de calefacción implementado.

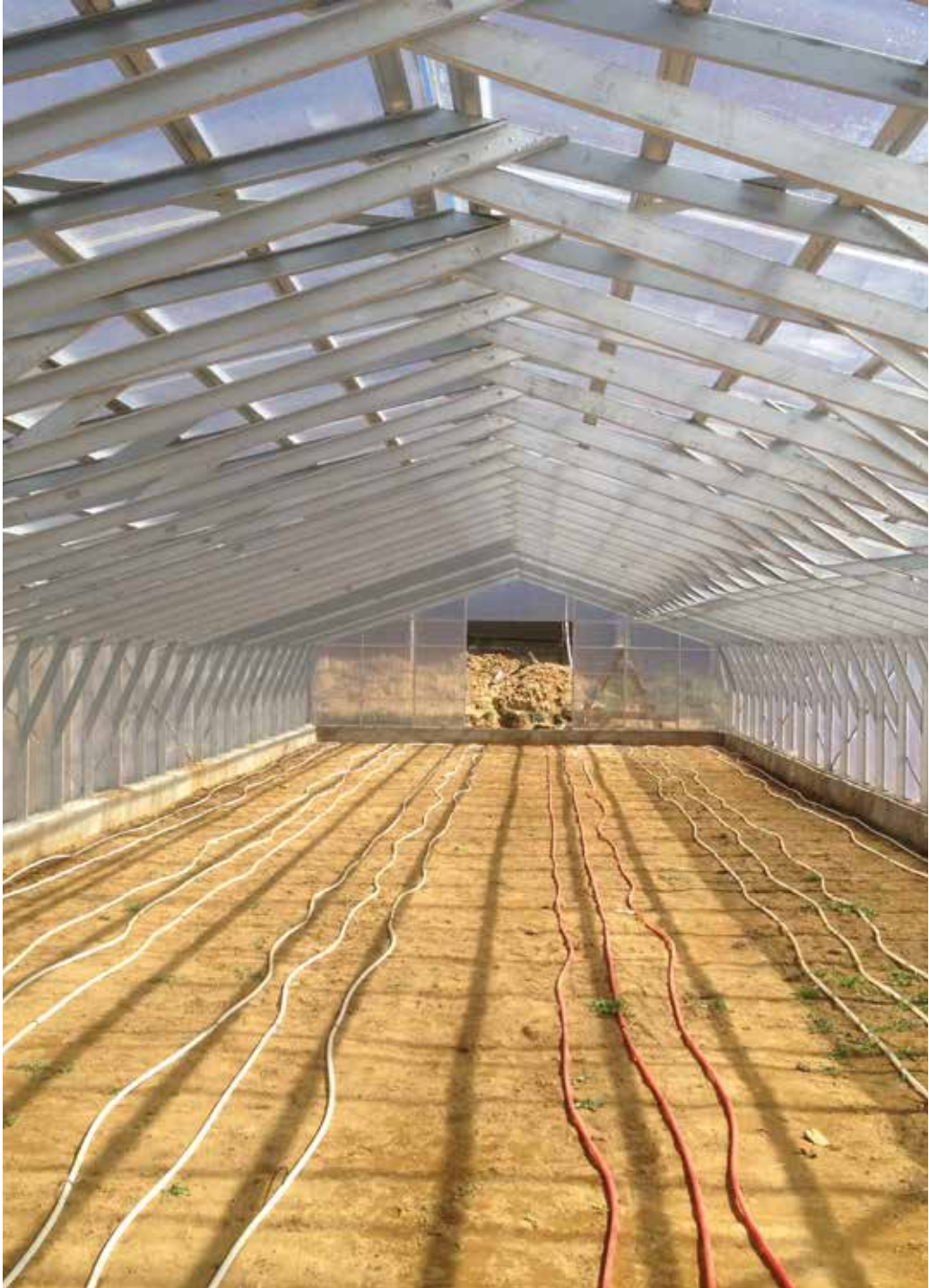
5.3. Gestión

La gran mayoría de los horticultores de la región se han especializado en la producción de lechuga en ambientes forzados (invernaderos), logrando realizar 4 y a veces 5 cosechas durante la temporada productiva de acuerdo a las condiciones climáticas, comenzando con la elaboración de sus almácigos, desde la segunda quincena de julio a la primera de agosto, y concluyendo con la cosecha que se realiza durante la primera quincena del mes de junio.

Complementario a la producción de lechuga, algunos productores establecen almácigos de otras especies de hoja como col china, tapsoi y espinaca durante la segunda quincena de abril. Realizan el trasplante en forma posterior a la cosecha de la lechuga y establecen en forma directa cilantro (primera quincena de junio), para cosecharlo la segunda quincena del mes de agosto, según condiciones climáticas. Sin embargo, esta producción es altamente relativa debido a daños por bajas temperaturas y problemas fungosos, principalmente por el exceso de humedad relativa al interior del invernadero, producto de la escasa ventilación.

La aplicación del modelo se adapta a productores de hortalizas que operan en forma individual con la ayuda de su unidad familiar. En la región no existen modelos productivos

de hortalizas que trabajen integralmente en forma asociativa. Si bien los productores han mencionado la necesidad de organizarse para lograr planificar mejor la producción de las diversas especies y conseguir mejores condiciones comerciales, ello no ha sido posible ya que cada horticultor tiene sus clientes y la asociatividad ha funcionado más bien para conseguir apoyos en tecnologías y capacitación.



5.4. Proyecto productivo y de inversión

Inversión

Los niveles de inversión para un invernadero tradicional confeccionado de madera y polietileno, en la región, se estiman para efectos de este análisis en un monto de \$2.200.000, valor que incluye el recambio de polietileno cada dos años, equivalente a un 20% de la inversión total (\$440.000), además de materiales e insumos iniciales por un valor equivalente a \$635.000 (semillas, plantines y fertilizantes). Por lo tanto, la inversión total de un invernadero tradicional de 240 m² es de \$2.835.000. Se considera que esta inversión tiene una vida útil de cinco años, lo que arroja una depreciación anual de \$440.000.

El prototipo mejorado requiere niveles de inversión cercanos a los 15 millones (Cuadro 4) incluyendo infraestructura e insumos de plantación inicial. La vida útil para este tipo de construcción se considera de diez años, lo que representa un costo anual por concepto de depreciación de \$1.359.248.

A continuación, se presentan algunos antecedentes que permiten comparar las inversiones de un invernadero tradicional y el prototipo de invernadero mejorado.

Cuadro 4. Niveles de inversión sistema productivo calefaccionado

Ítem	Sub ítem	Descripción / Detalle	Unidad de medida	\$/ Unidad	Cantidad	Total Detalle (\$)	Total Sub Ítem (\$)
	Equipamiento	Sistema de calefacción por circulación de agua	Unidad	2.500.000	1	2.500.000	5.200.000
		Sistema de riego por cintas (incluye bombeo y cabezal control)	Unidad	500.000	1	500.000	
		Sistema de calderas de combustión	Unidad	2.000.000	1	2.000.000	
		Data logger	Unidad	200.000	1	200.000	
INVERSIONES	Infraestructura 240 m ²	Invernadero de Metalcon y policarbonato de 240m ²	Unidad	8.392.475	1	8.392.475	8.392.475
	Materiales e Insumos	Combustible calefacción	Litros	800	1.000	800.000	1.435.000
		Semillas de cilantro	Kilos	10.000	20	200.000	
		Plantines de lechuga (incluye flete zona central)	Unidad	130	3.000	390.000	
		Fertilizantes y otros	Sacos	15.000	3	45.000	
							15.027.475

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017

Costos

A continuación se presentan los costos de producción obtenidos por el ejecutor, sumados a información levantada en visitas prediales a productores del sector El Claro (SAT⁵ Hortícola), llegando a determinarse una comparación de los costos de producción por temporada y por unidad productiva para ambos sistemas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costo de producción anual de hortalizas sistema tradicional versus calefaccionado (pesos)

COSTOS	Unidad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Valor (\$)	Calefaccionado		
					Tradicional	4 ciclos lechuga	6 ciclos lechuga
Bandeja producción de plantines	Bandeja	714	15	10.710	10.710	14.280	
Turba	Saco	60.000	1	60.000	60.000	60.000	
Bolsas plásticas	Unidad	10	11.000	110.000	110.000	140.000	65.000
Semilla Lechuga	Gramos (gr)	100	10	1.132	4.528	6.792	
Semilla Cilantro	Kilos (kg)	14.350	1	14.350			57.400
Insumos							
Úrea	Saco	16.550	5	1.655	6.620	9.930	3.310
Super fosfato Triple	Saco	21.540	5	2.154	8.616	12.924	4.308
Muriato de potasio	Saco	17.600	5	1.760	7.040	10.560	3.520
Insecticida							
Karate	Mililitro (ml)	44.700	10	447	8.940	13.410	
Fungicida	gr	200	100	20.000	80.000	120.000	240.000
Calefacción	Metro cúbico (m ³)	3.500	8	28.000		168.000	56.000
Materia orgánica	kg	50	200	10.000		60.000	20.000
Mano de obra							
Preparación de suelo	Horas	2.500	4	10.000	40.000	60.000	
Cosecha	Horas	2.500	1	2.500	10.000	15.000	
Aplicación fitosanitarios	Horas	2.500	3	7.500	30.000	45.000	
Control de maleza	Horas	2.500	1	2.500	10.000	15.000	
Encargado de caldera	Horas	2.500	8	20.000	80.000	20.000	
Riego	Jornada Hombre (JH)	20.000			800.000	600.000	200.000
Flete (Costo por ciclo)					95.200	142.800	47.600
Gasto de administración y ventas	Mes	50.000	12		600.000	600.000	
Costos de producción anual (\$)					1.961.654	2.113.696	697.138

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017

Es importante destacar que el costo de calefacción del prototipo consideró el valor real del metro cúbico de leña que tiene el productor, que es de \$3.500, mientras que el valor de mercado es de \$20.000.

⁵ Servicio de Asesoría Técnica de INDAP. Programa orientado a la ampliación de las capacidades para consolidar y/o diversificar los negocios de los pequeños productores agrícolas, campesinos y sus familias. Permite acceder a incentivos económicos destinados a cofinanciar asesorías técnicas especializadas en los ámbitos de la producción silvoagropecuaria y actividades conexas, en todos los eslabones de la cadena.



De acuerdo a estos resultados, los costos de producción unitaria de lechuga presentan un valor promedio de \$143 en el invernadero tradicional versus \$108 en el tecnificado, debido principalmente al mayor número de unidades producidas en el prototipo mejorado.

Ingresos

El prototipo de invernadero presenta la gran oportunidad de producir en invierno, permitiendo transformarse en el único oferente a escala comercial de cilantro en ese período, pudiendo alcanzar excelentes precios de venta, cercanos a los \$714 por atado. Este tipo de invernadero permite generar ingresos brutos por temporada sobre los M\$11.000 versus el sistema tradicional con M\$4.000 aproximadamente, lo que representa un incremento significativo.

En el siguiente cuadro se presenta un detalle de la época de cosecha y rendimientos productivos del sistema implementado por el productor (prototipo de invernadero mejorado) y el tradicional, con información que fue recopilada en terreno, en base a registros de cosecha y productividad por metro cuadrado.

Cuadro 6. Ciclos productivos y época de cosecha invernadero tradicional versus calefaccionado					
	Ciclos productivos		Rendimiento (unidades)		
	Tradicional	Tecnificado – calefacción	Tradicional	Tecnificado- calefacción	
			Lechuga	Lechuga	Cilantro
1 cosecha	30 noviembre - 5 diciembre	7 noviembre - 12 noviembre	2.070	2.520	
2 cosecha	20 - 25 enero	12 - 17 diciembre	2.070	2.070	
3 cosecha	10 - 15 marzo	17 - 23 enero	2.070	2.070	
4 cosecha	30 abril - 5 mayo	23 - 28 febrero	2.070	2.070	
5 cosecha	30 mayo - 5 abril	28 marzo - 3 abril		2.070	
6 cosecha		3 - 8 mayo		2.520	
7 cosecha		20 - 30 julio			2.700
8 cosecha		5 - 12 octubre			2.700
Total unidades temporada			8.280	13.320	5.400

Fuente: Elaboración propia.

En función de los rendimientos obtenidos, a continuación se detalla el cálculo de los ingresos logrados.

Cuadro 7. Ingresos por venta de hortalizas sistema tradicional versus calefaccionado			
Ítem	Sistema tradicional	Sistema calefaccionado	
	Lechugas	Lechugas	Cilantro
Número de unidades cosechadas	8.280	13.320	5.400
80% de venta directa	6.624	10656	
Nº de unidades a mayor precio		5.040	
Nº de unidades a precio normal		5.616	
20% dos unidades por el precio de una	828	1.332	
Precios de venta producción fuera de temporada (\$)		800	
Precios de venta temporada normal (\$)	588	588	714
Ingresos por venta (\$)	4.138.344	8.117.424	3.855.600

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017

5.5. Rentabilidad esperada

Con relación a la rentabilidad, al hacer un análisis de los flujos de caja proyectados con un horizonte de evaluación a diez años para ambos sistemas productivos, exigiendo como mínimo una rentabilidad del 10% anual, se puede determinar la conveniencia de ambos sistemas productivos y comparar sus resultados.

Cuadro 8. Indicadores de rentabilidad de prototipo mejorado e invernadero tradicional		
Indicador	Prototipo Mejorado	Tradicional
VAN (Valor Actual Neto)	\$29.763.247	\$5.452.866
TIR (Tasa Interna de Retorno)	48%	51%
VAE (Valor Anual Equivalente)	\$4.843.831	\$887.429

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017

Cabe destacar que este análisis de rentabilidad y sus resultantes es solo referencial y tiene por objetivo evidenciar la diferencia de rentabilidad entre el sistema tradicional y el prototipo mejorado, obteniendo este último una rentabilidad significativamente mayor que el convencional.

En el **Anexo 1** se muestra los flujos a diez años, tanto para el prototipo de invernadero mejorado como para el tradicional.

► 6. Claves de viabilidad

La viabilidad de la solución tecnológica desarrollada está directamente relacionada con el valor de la inversión inicial del invernadero, que es alta para el modelo validado, y con el costo de la biomasa utilizada para la calefacción. Los especialistas entrevistados en la región señalaron que existen posibilidades de disminuir costos de inversión usando estructuras más económicas, especialmente en zonas donde los vientos y la acumulación de nieve es más reducida que en el lugar donde se desarrolló la innovación, y que es donde se encuentran la mayoría de los horticultores locales.

Por otra parte, es importante destacar que varios horticultores entrevistados en el proceso de valorización, señalaron como un gran aporte del proyecto el sistema subterráneo de calefacción en vez del aéreo que la mayoría tenía.

Además de disminuir la inversión del invernadero, otros aspectos que se pueden perfeccionar corresponden al desarrollo de alternativas que involucren ahorro energético en la calefacción, como también el diseño de una arquitectura del invernadero que permita captar en forma más eficiente la luz, de tal manera que la eficiencia energética sea mejor.

► 7. Asuntos por resolver

- **Adaptaciones tecnológicas para disminuir el costo de inversión.** Es relevante evaluar posibles ajustes al modelo para reducir el monto de la inversión; un aspecto clave para que un mayor número de horticultores pueda acceder al prototipo. La inversión inicial podría reducirse al usar una estructura del invernadero con menor cantidad de Metalcon y sustituir su cubierta de policarbonato por otra de menor costo, pero de similar o mayor eficiencia en mantener la temperatura y lograr una mejor absorción de la luz solar.
- **Ajustes del prototipo de invernadero.** Aún se requiere realizar una serie de mediciones que permitirían hacer más eficiente el prototipo en relación a los aspectos energéticos, tales como medir temperatura a distintos niveles del subsuelo para definir la mejor profundidad de las tuberías que calientan el suelo. Además, es posible evaluar otros sistemas de tuberías con mayor transmisión de energía y sistemas de ventilación más eficientes.
- **Eficiencia energética.** Es también fundamental lograr la mayor eficiencia energética operando adecuadamente la caldera y realizando prácticas de ventilación y rotación de cultivos en momentos oportunos. Por otra parte, la adquisición de materia prima (leña) de calidad y a bajo costo es fundamental. Además, se debe estudiar o



evaluar una serie de aspectos tales como distancia entre tuberías y profundidad, uso de vidrios especiales u otras cubiertas como alternativa al policarbonato, y la arquitectura del invernadero de tal manera de que ingrese mayor radiación.

- **Calificación del recurso humano.** Otro aspecto clave en la operación es el disponer de conocimientos y mano de obra calificada que permita un adecuado desarrollo de todas las especies hortícolas. Adicionalmente, existe alta migración de las zonas rurales a las zonas urbanas de la región porque a los pobladores rurales les es más atractivo y rentable trabajar en la ciudad que en el campo; es importante mejorar la oferta laboral en este rubro.
- **Mercado.** Si bien es posible aprovechar las ventajas competitivas vinculadas a la oferta de productos frescos, de calidad y de menor costo de transporte en relación a la competencia proveniente de la zona norte, también falta conocer mejor la demanda de productos hortícolas en período invernal y de cilantro en particular ya que es, por el momento, la única especie que se pudo producir en condiciones de menor luminosidad. El desconocimiento de la demanda (cantidad demandada y precios) podría limitar el desarrollo de nuevos invernaderos adaptados para producir en dicho período.
- **Traspaso y difusión del desarrollo tecnológico.** Es relevante traspasar en forma oportuna los resultados de las experiencias innovadoras a productores hortícolas de la región. Tomando en cuenta, por una parte, que los conocimientos entregados sean aquellos que los productores en realidad requieren y, por otra parte, que la operatividad sea la adecuada para que se apropien efectivamente del nuevo avance tecnológico que se intenta transferir.
- **Renovación de las variedades hortícolas.** Las especies tradicionales presentan buenos precios de mercado a nivel regional, pero existen ciertos cultivos modernos de bajos costos productivos, altos rendimientos y rentabilidad por igual superficie bajo plástico que uno tradicional, que son importados desde la zona central y podrían producirse localmente, pero antes debe ser evaluado su rendimiento, temporada productiva y correcto desarrollo.

El proyecto precursor

► 1. Entorno económico y social

El entorno económico y social del proyecto precursor se inserta en la Región de Aysén, donde existe un total de 460 horticultores que tienen invernadero, sin embargo, son alrededor de 43 los que generan volúmenes relativamente importantes de especies hortícolas destinados a la venta. La mayor parte de los horticultores se ubica en las cercanías de las grandes ciudades, formándose pequeños cinturones hortícolas como el sector “El Claro” y el “Valle del Pangal”, ambos cercanos a la ciudad de Coyhaique y Puerto Aysén, respectivamente. Tales ciudades demandan hortalizas en forma permanente y durante todo el año.

Con relación al entorno social, los horticultores de la Región de Aysén están dominados por la presencia empresarial de mujeres, las que contribuyen no solo con la gestión comercial, sino también con la producción básica que incluye los trabajos de siembra y trasplante, abonado, escarda, riego, recolección, lavado y acomodación de las hortalizas para su venta.



La falta de tecnologías apropiadas a las condiciones agroecológicas y económicas de la región no permiten que el rubro se desarrolle en su potencial; la temporada productiva se encuentra limitada a los meses de verano (septiembre a mayo) dado que las condiciones climáticas son más favorables. La escasa adopción de tecnologías para la producción de hortalizas se traduce en altos costos de producción y productividad deficiente, con una consecuente baja rentabilidad.

El rubro hortícola está presente en casi todas las explotaciones de pequeños y medianos productores y su destino principal es el autoconsumo y la venta dentro de los mercados existentes en la región, como supermercados, ferias, restaurantes, almacenes u otros. Por las condiciones agroecológicas, la región presenta alta potencialidad en el rubro hortícola ya que se inserta en un ambiente con baja contaminación, sin gran presión de plagas y enfermedades y, en consecuencia, con menor uso de agentes químicos, lo que permite producir hortalizas más inocuas y de calidad.

Los productos hortícolas de la región son preferidos a los de otras regiones por su frescura, sanidad y calidad. Sin embargo, no satisfacen los volúmenes demandados y ello significa que la mayor parte de las hortalizas que se consumen en la región provienen de la zona central del país. De acuerdo con información señalada por la SEREMI de Agricultura de la región, la producción local solo abastece un 20% del mercado local, el resto (80%) sigue siendo abastecido principalmente por hortalizas traídas desde el norte del país.



Los datos del VII Censo Agropecuario indican que la superficie total de hortalizas es de 156,4 hectáreas, y las principales especies al aire libre son: zanahoria, haba y arveja verde, mientras que en invernadero son: lechuga, cilantro, acelga y pepino de ensalada. La producción regional se encuentra concentrada en las comunas de Coyhaique, Puerto Aysén, Ibáñez, Cochrane y Chile Chico, siendo las comunas de Coyhaique y Aysén las que aportan el mayor número de agricultores hortícolas y, por lo tanto, el mayor porcentaje de la producción. El número de productores que se declara como horticultores⁶ en la región son 359, de los cuales un 80% vende sus productos a nivel local, mientras que el resto tiene alcance regional. De acuerdo a información de diagnóstico obtenida por profesionales vinculados al programa PEDZE (Plan Especial de Zonas Extremas), en el año 2016 solo el 10% de los horticultores con invernaderos fueron activos en cuanto a la comercialización de sus productos.

En la región se producen principalmente hortalizas de estación fría, las cuales se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo A: Las hortalizas que pertenecen a este grupo poseen temperaturas óptimas de crecimiento entre 15 y 18°C. No toleran temperaturas promedio mayores a 24°C y solo toleran heladas suaves. A este grupo pertenecen hortalizas como berro de agua, brócoli, betarraga, col berza, col crespita, colirrábano, espinaca, haba, nabo, pastinaca, rábano, raíz picante, repollito de Bruselas, repollo, ruibarbo, rutabaga y salsifí.



⁶ Según el último estudio de la Subsecretaría de Economía, "Caracterización de los productores locales de la Región de Aysén". (Citado en documento: "Transferencia y Marketing Hortícola" de la SEREMI de Agricultura.)



Grupo B: Las hortalizas de este grupo solo se diferencian del anterior en que son susceptibles a heladas cerca de su madurez. Los cultivos que pertenecen a este grupo son: acelga, achicoria, alcachofa, apio, arveja, cardo, coliflor, endivia, hinojo, lechuga, papa, perejil, repollo chino y zanahoria.

Grupo C: Las hortalizas que pertenecen a este grupo están adaptadas a temperaturas entre 13 y 24°C y son tolerantes a heladas. Entre las hortalizas que pertenecen a este grupo están: ajo, cebolla, cebollín, cebollino japonés, chalota y puerro.

En las condiciones de la Región de Aysén debieran privilegiarse aquellas hortalizas de ciclo corto, idealmente que duren menos de 120 días entre siembra y cosecha, así como también las que duran menos de 60 días (en términos generales): acelga, cebollín, cilantro, espinaca, lechuga, nabo, perejil, rábano y zapallito italiano. Mientras que las hortalizas que duran entre 60 a 120 días de siembra a cosecha son: achicoria, arveja, betarraga, brócoli, coliflor, choclo, lechuga, melón reticulado, pepino, poroto verde, poroto granado, repollo y tomate.

Con relación al fotoperiodo se recomienda privilegiar aquellas especies de requerimiento neutro, tales como: ají, apio, arveja, cebolla, choclo, haba, lechuga, melón, papa, pepino, pimiento, poroto verde, sandía, tomate, zanahoria y zapallo. El uso de este tipo de hortalizas permite facilitar la organización en las rotaciones sin tener un factor adicional de preocupación.

► 2. Características generales

El prototipo de invernadero se ideó para ser usado en zonas de climas muy frío, con temperaturas varios grados bajo cero en invierno, donde existen fuertes vientos y precipitaciones, tanto de lluvia como de nieve. Su superficie fue de 240m², su estructura fue de Metalcon y su cubierta de policarbonato alveolar.

El invernadero fue emplazado en un terreno de cinco hectáreas del sector de Lago frío, que cuenta con disponibilidad de agua para riego durante todo el año, buena exposición solar, accesibilidad, y se encuentra distante a 17km de Coyhaique, principal centro de consumo de hortalizas de la región.

Las características técnicas del Metalcon fueron extraídas del manual de diseño de Metalcon de la empresa CINTAC, edición diciembre del 2012, y las características técnicas del policarbonato alveolar fueron extraídas de la ficha técnica Policarb® planchas celulares de policarbonato protegido UV de pared múltiple, de la empresa CSTB.

El diseño consideró un invernadero con cubierta a dos aguas, de 8 metros de ancho x 30 metros de largo, soportada por una base de cimiento corrido de hormigón armado, en la que se anclaron los perfiles para la tabiquería de Metalcon y el sistema de cerchas autosoportantes de ese mismo material. Las cubiertas de policarbonato alveolar correspondieron a planchas en doble capa de 6mm.

El sistema de ventilación estaba compuesto por puertas correderas de 3 metros de ancho por 2 de alto, en ambos extremos del invernadero debido a que el sector se caracteriza por fuertes vientos durante los períodos de otoño e invierno; no se consideraron puertas o sistemas de ventilación lateral para proteger la estructura.

Todos los materiales de construcción fueron comprados en el mercado local, así como la mano de obra de instalación también es de la zona. El terreno fue nivelado con una retroexcavadora, para posteriormente realizar las excavaciones para las fundaciones.

Los requerimientos de calefacción consideraron una caldera a leña que calienta el agua y la conduce por una red de tuberías; un sistema subterráneo de 16 conductos de 25mm de espesor, ubicados longitudinalmente a 25cm de profundidad bajo el suelo, por los cuales circula, en un sistema cerrado, agua caliente a 40°C de temperatura .

La innovación realizada ha permitido extender el período de producción y ha generado mayores ingresos que el sistema tradicional. Actualmente, el horticultor a cargo del proyecto precursor está pensando en ampliarse, utilizando como base el prototipo de invernadero

mejorado, que tiene al menos las siguientes ventajas al compararlo con los invernaderos tradicionales:

- Mayores ingresos brutos anuales debido a que se logran dos ciclos adicionales en cultivo de lechuga (la principal especie hortícola en cuanto a demanda y producción en la región) y dos de cilantro.
- Permite mantener una oferta de productos hortícolas con mayor continuidad.
- Dispone de una infraestructura más segura ante riesgos climáticos como fuertes vientos, bajas temperaturas o importantes niveles de precipitaciones con nieve o granizos.
- La infraestructura es de larga duración, lo que se traduce en un ahorro significativo de tiempo destinado a la renovación de invernadero.
- El sistema de calefacción del suelo, compuesto por una red de agua caliente, posibilita mantener por mayor tiempo un nivel constante de temperatura y, por ende, posibilita un mayor y rápido crecimiento de las especies de hortalizas.

Foto 7. Vista interior del prototipo de invernadero



Fuente: Informe final proyecto precursor. Año 2014.

► 3. Resultados

La propuesta del proyecto precursor se basa en seis ciclos de producción de lechuga y dos ciclos de producción de cilantro por temporada. En la práctica, y en menor magnitud, el invernadero también ha incorporado otras hortalizas como espinaca, acelga y tomate. Sin embargo, el análisis de la valorización del proyecto, desde el punto de vista económico⁷ se realizó sobre las dos especies hortícolas principales: lechuga y cilantro. En el caso de la lechuga, se consideró una densidad de plantación de doce plantas por m², lo que se materializó en una superficie de 200 m² en un invernadero de 240 m². Es decir, se establecieron 14.800 plantas de lechuga en seis ciclos productivos correspondiente a una temporada. En el caso del cilantro, el sistema de producción consideró el establecimiento de esta hortaliza en pleno invierno con dos ciclos productivos por temporada.

La iniciativa se desarrolló en el sector denominado “Valle Frío”, distante a 14 kilómetros al sur oriente de Coyhaique. Se trata de un valle con condiciones climáticas más adversas, es decir, más frío, con mayores precipitaciones de nieve y vientos más intensos que el resto de los sectores donde se desarrolla la horticultura en la región, por lo tanto, los resultados obtenidos pueden ser aplicados al resto de los valles donde también se desarrolla la horticultura en la zona.

El prototipo de invernadero se construyó para minimizar el riesgo de daños a hortalizas de hoja por las bajas temperaturas invernales, efectos de fuertes vientos y caída de nieve. La experiencia logró acelerar los ciclos productivos de especie de hoja como la lechuga, logrando producir hasta ocho cosechas en la temporada: seis de lechuga (noviembre a abril-mayo) y dos de cilantro (julio y octubre).

En este sistema de invernadero el tiempo desde trasplante de lechuga a cosecha es de 28 a 30 días, más el tiempo de cosecha, preparación de suelo y nuevo trasplante que demora entre siete y ocho días; se trata de un sistema continuo, desde agosto hasta mayo-junio. En los meses con temperaturas más frías, a diferencia de los invernaderos tradicionales, es posible cultivar cilantro. En pleno invierno no se puede cultivar lechuga y la restricción no es la temperatura, sino la falta de luz.

Cabe señalar que, en sistemas tradicionales, el tiempo desde trasplante de lechuga a cosecha es en promedio de 50 días, y alrededor de siete para la cosecha, preparación de suelo y nuevo trasplante.

⁷ En la sección I, “Resultados y lecciones aprendidas”, punto 3, se presenta la evaluación de la inversión, tanto para el prototipo mejorado y un invernadero tradicional de las mismas dimensiones.

A diferencia del cultivo de lechuga que proviene de almácigo y luego se establece en invernadero, el cilantro se siembra directamente y puede cultivarse durante todo el año, sin embargo, como se adapta bien a condiciones de clima frío, en el prototipo mejorado se sembraron con éxito dos ciclos productivos obteniendo cosechas en julio y en octubre. Tal sistema permitió que fuera la única unidad hortícola a escala comercial en la región, con un total de ocho rotaciones, seis de lechuga y dos de cilantro (Cuadro 6).

En ambos sistemas cerca del 80 % de las lechugas presentan un tamaño adecuado para su comercialización, el saldo (20%) es de menor tamaño, comercializándose en atados de dos lechugas al mismo valor, es decir, la pérdida es mínima.

Es importante señalar que la lechuga obtenida por el prototipo en período invernal, no solamente ha logrado obtener mejores precios, sino que también se estableció a mayor densidad, logrando una mayor cantidad de lechuga en la superficie del invernadero. El aumento de densidad incide en el tamaño del producto final, por lo que en otros períodos del año no conviene establecer lechugas con muy altas densidades ya que la competencia es mayor y el cliente prefiere las de mayor tamaño.

El combustible usado para el sistema de calefacción es leña seca, ya que es fácil conseguirla en la región y cuenta con ventajas comparativas respecto de otros combustibles como el petróleo o el gas.

El horticultor presta servicio de limpia de potreros con árboles muertos, de tal manera que el propietario se queda con los terrenos listos para la siembra y el horticultor con la leña. Con este mecanismo, según los cálculos del horticultor, el costo de metro cúbico de leña sería de \$3.500 aproximadamente. Las ventajas del uso de leña en la región ante otras fuentes de combustibles son: experiencia en el uso, abundante disponibilidad en el sector, es un combustible renovable, más económico, fácil de guardar y genera mano de obra local.

En el sistema hortícola regional, hay consenso sobre la conveniencia de extender el número de ciclos productivos durante el año. En este sentido, el proyecto precursor hizo un gran aporte a la región ya que por la vía de aplicación de la tecnología se logró el objetivo y demostró que, aún bajo condiciones climáticas adversas, es posible extender la producción de hortalizas.

Con respecto a la propuesta tecnológica del proyecto, lo que obtuvo mayor valoración por parte de los horticultores locales estuvo relacionado con el sistema de calefacción del suelo, por sobre la cobertura de policarbonato o el uso de estructuras de Metalcon (perfiles de acero galvanizado).

El modelo ha tratado de adaptarse a las condiciones del entorno marcadas por las condiciones climáticas, las que dificultan mantener una oferta constante y variada de productos

hortícolas a través del año; es por ello que las innovaciones en tecnologías de ambientes forzados cobran importancia en la medida que les permite competir en forma ventajosa con otros productores locales y con aquellos provenientes desde la zona central y centro-sur del país.

El horticultor que desarrolló el prototipo innovador comercializa directamente sus productos en las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén; en la primera tiene convenios de entrega con supermercados locales, venta en ferias y verdulerías. Durante el período *peak* de comercialización, las entregas en Coyhaique son diarias y al menos una vez por semana en Puerto Aysén.

► 4. Situación del productor hoy

Actualmente, el productor y su grupo familiar siguen trabajando como horticultores y el prototipo de invernadero desarrollado en el proyecto constituye su nave principal, ya que también dispone de otros invernaderos antiguos, basados en estructuras de madera y recubiertos con *nylon*. El prototipo desarrollado es notablemente más eficiente que los antiguos, razón por la cual la aspiración del horticultor es sustituir paulatinamente sus invernaderos antiguos y llegar en el corto plazo a tener tres naves similares al prototipo mejorado, ya que la caldera para calentar el agua subterránea alcanza para abastecer esa cantidad.



El valor del proyecto

El proyecto permitió demostrar que existe la factibilidad técnica y económica para producir hortalizas de hoja en invierno, en un ambiente de cultivos forzados mediante innovaciones en el sistema de invernadero. De hecho, una de las más importantes innovaciones fue el hecho de calentar el suelo en vez del medio ambiente, ya que ello habría significado aumentar no solo la temperatura a nivel de las raíces, sino también a nivel de la parte aérea adyacente al suelo.

Los resultados permitieron obtener mayores producciones y en un período más corto de tiempo. La innovación se considera como un paso preliminar en el desarrollo de nuevas tecnologías que permita mejorar la eficiencia energética y posibilitar generar hortalizas en climas con invierno duro y a menor costo.



Los horticultores de la región que conocieron la propuesta de este prototipo de invernadero lo consideraron una valiosa innovación, sobre todo por su sistema de calefacción, aunque requiere de perfeccionamientos para disminuir su costo, especialmente en su estructura compuesta de Metalcon y policarbonato. Actualmente, varios están pensando en introducir un sistema de calefacción al subsuelo en sus propios invernaderos y/o cambiar sus invernaderos con estructuras y cubiertas de menor costo, pero con calefacción subterránea.

El prototipo de invernadero y sus resultados y experiencias se pueden extender no solo a la región de Aysén, sino también a la de Magallanes y a otras zonas precordilleranas con climas fríos. No obstante, se necesitan nuevos proyectos e iniciativas que aporten en disminuir los costos de inversión, que mejoren la captación de luz y sean eficientes en términos energéticos.

Como conclusión final, es posible señalar que esta experiencia permitió demostrar que existen distintas soluciones innovadoras disponibles para ser incorporadas y adaptadas con el fin de mejorar los procesos productivos de la horticultura en zonas de climas fríos en nuestro país.

Anexos

Anexo 1. Estructura de ingresos y costos de un invernadero normal y mejorado

Anexo 2. Tipos de invernaderos usados en la Región de Aysén

Anexo 3. Participantes del proceso de validación

Anexo 4. Bibliografía y antecedentes

ANEXO 1. Estructura de ingresos y costos de un invernadero normal y mejorado

Cuadro 9. Flujo de ingresos y costos de prototipo mejorado de invernadero						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos totales		11.973.024	11.973.024	11.973.024	11.973.024	11.973.024
Egresos totales		2.810.834	2.810.834	2.810.834	2.810.834	2.810.834
Depreciación		1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248
Utilidad antes de impuesto		7.802.943	7.802.943	7.802.943	7.802.943	7.802.943
Impuesto		1.872.706	1.872.706	1.872.706	1.872.706	1.872.706
Utilidad después de impuesto		5.930.236	5.930.236	5.930.236	5.930.236	5.930.236
Depreciación		1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248
INVERSIONES	15.027.475	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA NETO	- 15.027.475	7.289.484	7.289.484	7.289.484	7.289.484	7.289.484

Año	6	7	8	9	10
Ingresos totales	11.973.024	11.973.024	11.973.024	11.973.024	11.973.024
Egresos totales	2.810.834	2.810.834	2.810.834	2.810.834	2.810.834
Depreciación	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248
Utilidad antes de impuesto	7.802.943	7.802.943	7.802.943	7.802.943	7.802.943
Impuesto	1.872.706	1.872.706	1.872.706	1.872.706	1.872.706
Utilidad después de impuesto	5.930.236	5.930.236	5.930.236	5.930.236	5.930.236
Depreciación	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248	1.359.248
INVERSIONES	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA NETO	7.289.484	7.289.484	7.289.484	7.289.484	7.289.484

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017.

VAN	29.763.247
TIR	48%
VAE	4.843.831

Cuadro 10. Flujo de ingresos y costos invernadero tradicional

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos totales		4.138.344	4.138.344	4.138.344	4.138.344	4.138.344
Egresos totales		1.961.654	1.961.654	1.961.654	1.961.654	1.961.654
Depreciación		440.000	440.000	440.000	440.000	440.000
Utilidad antes de impuesto		1.736.690	1.736.690	1.736.690	1.736.690	1.736.690
Impuesto		416.806	416.806	416.806	416.806	416.806
Utilidad después de impuesto		1.319.884	1.319.884	1.319.884	1.319.884	1.319.884
Depreciación		440.000	440.000	440.000	440.000	440.000
INVERSIONES	2.835.000			440.000		2.835.000
FLUJO DE CAJA NETO	- 2.835.000	1.759.884	1.759.884	1.319.884	1.759.884	- 1.075.116

Año	6	7	8	9	10
Ingresos totales	4.138.344	4.138.344	4.138.344	4.138.344	4.138.344
Egresos totales	1.961.654	1.961.654	1.961.654	1.961.654	1.961.654
Depreciación	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000
Utilidad antes de impuesto	1.736.690	1.736.690	1.736.690	1.736.690	1.736.690
Impuesto	416.806	416.806	416.806	416.806	416.806
Utilidad después de impuesto	1.319.884	1.319.884	1.319.884	1.319.884	1.319.884
Depreciación	440.000	440.000	440.000	440.000	440.000
INVERSIONES	440.000			440.000	2.835.000
FLUJO DE CAJA NETO	1.319.884	1.759.884	1.759.884	1.319.884	- 1.075.116

Fuente: Consultora Profesional Agraria Sur, 2017.

VAN	5.452.866
TIR	51%
VAE	887.429

ANEXO 2. Tipos de invernaderos usados en la Región de Aysén

La producción de hortalizas frescas en la Región de Aysén ha estado condicionada por las variables agroclimáticas, las cuales restringen el número y épocas de las especies hortícolas de mayor demanda y consumo. Es por ello que desde los comienzos del desarrollo de la horticultura se ha evidenciado la necesidad de proteger los cultivos ante las bajas temperaturas, fuertes vientos y precipitaciones de nieve o granizo, mediante el uso de invernaderos.

En invierno las temperaturas descienden a menos de -15° Celsius y las horas de luz se reducen a ocho horas al día, lo que restringe la gama de especies que pueden producirse bajo estas condiciones.

Para lograr ampliar el período productivo y mayor eficiencia en los cultivos hortícolas se han establecido los siguientes tipos de invernaderos:

Invernaderos tradicionales: Estos se caracterizaban por tener estructuras de madera, ya sea polines, madera aserrada, cañas o coligües, y cubiertas de polietileno. Los tamaños y formas son diversos y actualmente son ampliamente usados, tanto por horticultores profesionales como no profesionales. El principal atributo es su bajo costo y las dimensiones de este tipo de estructura que oscila entre los 15 y 240 m².

Invernadero Rovero: Durante la década de los '90 se desarrolló un programa destinado a subvencionar a más de veinte productores, en distintos puntos de la región, mediante la introducción de un invernadero tecnificado de origen holandés, tipo Rovero, de 8 x 30 metros (240 m²) con calefacción forzada mediante un sistema turboalimentado con gas y energía eléctrica, que permitía calefaccionar el ambiente con un volumen de aire equivalente a más de 700 metros cúbicos.

Una de las grandes desventajas de esta iniciativa fue el alto costo de operación, debido a que presentaba un consumo de 6 a 8 litros de gas por hora. Es decir, al cabo de dos días se consumía un cilindro de gas de 45 kilos, por lo que muchos productores siguieron usando solo su estructura.

Invernadero con sistema de calefacción pasiva: Entre los años 2011 y 2014, el INIA Tamel Aike adaptó un sistema de calefacción pasiva, utilizando materias primas regionales y evaluando la eficiencia térmica en dos localidades de la región, Coyhaique y Cochrane. El invernadero tiene un muro de hormigón con bolones sobresalientes para captar y almacenar el calor proveniente del sol, además tiene cubiertas interiores que permiten reflejar mejor

la luz, y la estructura que soporta el polietileno está inclinada para favorecer la exposición solar y calefaccionar mejor el muro.

Se registraron variables agroclimáticas a nivel de suelo y temperatura ambiente, a diferentes alturas, comparándolas con las mismas variables en un invernadero tradicional y al aire libre. Los resultados preliminares permiten concluir que durante la época estival esta estructura regula la temperatura máxima en relación al sistema tradicional; durante el invierno, la acumulación de energía del muro evita que la temperatura descienda a niveles dañinos que provoquen daño en las hortalizas, manteniendo una diferencia de temperatura de más de 4 °C en relación al sistema tradicional. Este sistema de calefacción pasiva presenta un costo actualizado de \$6.500.000, el cual no ha sido replicado por otros productores, posiblemente por su alto costo de confección. Además, si bien disminuye la marcada estacionalidad, no logra extenderla como el prototipo mejorado del proyecto precursor.

Prototipo de invernadero con Metalcon y policarbonato: Corresponde al tipo de invernadero que se ha analizado en este documento y, a diferencia de los anteriores, tiene un sistema de calefacción al suelo y es el único que permite desarrollar cultivos hortícolas durante todo el año, aunque en pleno invierno y, por razones de baja luminosidad, solo es posible cultivar cilantro. Tal como está diseñado, se estima que su alto costo podría desincentivar su masificación, sin embargo, existe la sensación entre los horticultores que es posible hacer adaptaciones que permitan bajar su inversión y mejorar su eficiencia.

Invernadero tipo Arava: Con financiamiento del Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas (PEDZE) e INDAP, se instalaron 23 invernaderos tipo “Arava” (estructura de acero galvanizado de 210 m² y 4 m de altura) durante 2016, mientras que para el 2017 se contempla la instalación de otros 20 con características similares. Los horticultores que construirán este tipo de invernaderos corresponden a aquellos ubicados en Coyhaique, Puerto Ibáñez, Puerto Aysén, Chile Chico y La Junta. El beneficio está destinando a aquellos productores que tienen mayor tradición como horticultores y manejan volúmenes comercializables más elevados. Cada unidad tiene un costo aproximado de \$3.200.000 y están diseñados para soportar ráfagas hasta 80 kilómetros por hora, con una cubierta formada por cinco capas que le permiten mayor resistencia, además de otras propiedades como:

- Transmisión de luz máxima en el rango de PAR del espectro (400 a 700nm).
- Difusión de la luz.
- Electrotérmica.
- Antiniebla.
- Anti goteo.
- Absorción de radiación UV.

Además, presenta un sistema de ventilación lateral y central con malla antiáfidos. Sus resultados aún no han sido evaluados en la región, aunque se estima que difícilmente podrán producir durante todo el año, a menos que se les incorpore algún sistema de calefacción.

Foto 8. Invernadero tradicional hecho con coligües

Fuente propia,
diciembre de 2016.



Foto 9. Invernadero tradicional

Fuente propia,
diciembre de 2016.



Foto 10. Invernadero tradicional semicircular con estructura de madera

Fuente propia,
diciembre de 2016.



Foto 11. Invernadero tipo Rovero

Fuente propia,
diciembre de 2016.



Foto 12. Invernadero tipo Arava con estructura de acero galvanizado

Fuente:
Gentileza de Rodrigo Orrego,
de la SEREMI de Agricultura
Región de Aysén, 2016.



Foto 13. Vista interior del invernadero tipo Arava

Fuente:
Gentileza de Rodrigo Orrego,
de la SEREMI de Agricultura
Región de Aysén, 2016.



Foto 14. Invernadero con calefacción pasiva

Fuente propia,
diciembre de 2016.



Foto 15. Prototipo de Invernadero con Sistema de Calefacción para la Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique (Proyecto FIA)

Fuente propia,
diciembre de 2016.



ANEXO 3. Participantes del proceso de validación

Entrevistas

- Diego Arribillaga, especialista INIA Tamel Aike, Región de Aysén
- Ricardo Riquelme, horticultor del proyecto precursor
- Isabel Jaque, horticultora de Coyhaique
- Rodrigo Orrego, profesional de la Seremi de Agricultura de la Región de Aysén.

Reunión de validación

(Efectuada en Coyhaique el 2 de diciembre 2016)

- Ricardo Riquelme, horticultor
- Dagoberto Villarroel, Director Regional INIA Tamel Aike
- Jessica Balkenhold, horticultora de Coyhaique
- José Pinuer, horticultor de Coyhaique
- Benjamín Donoso, especialista en hortalizas de INDAP
- Sandra Gatica, horticultora de la región
- Rodrigo Orrego, profesional de la Seremi de Agricultura de la Región de Aysén.
- María Jaque, horticultora de Coyhaique

ANEXO 4. **Bibliografía y antecedentes**

- Revisión antecedentes del Programa denominado “Desarrollo de tecnologías para el mejoramiento del sistema hortícola regional” durante los años 2011 a 2014, ejecutado por INIA, con el objetivo de abarcar diversas vías que permitan enfrentar la limitante de la estacionalidad.
- Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007.
- Antecedentes recibidos por Comercial Agrícola, Ganadera y Forestal El Palenque Limitada (a través del Sr. Ricardo Riquelme, relacionados con la Producción, Distribución y Comercialización de Verduras y Hortalizas, 2016).
- Antecedentes e información recibida por don Rodrigo Orrego, profesional de la Seremi de Agricultura de la Región de Aysén, y visita a los invernaderos de la Sra. Isabel Jaque en el sector “El Claro”, con el fin de obtener información de diversos tipos de invernaderos.
- Documento PEDZE (Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas, Región de Aysén). Coyhaique, agosto de 2014. Gobierno Regional de Aysén.
- Documento “Transferencia Comercialización y Marketing Hortícola”. Secretaría Regional Ministerial De Agricultura Región de Aysén. División de Planificación y Desarrollo Regional 2014.
- Documento de Informe Final FIA del proyecto (precursor) “Prototipo de Invernadero con Sistema de Calefacción para la Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique”, 2014.
- Documento de Informe Final FIA del “Proceso de Valorización de Resultados Proyecto Prototipo de Invernadero con Sistema de Calefacción para la Producción Temprana de Hortalizas en Coyhaique, 2017.”
- Hortalizas de estación fría. http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/index.html
- Revisión páginas web para identificar tipos de invernaderos:
<http://www.invernaderoschile.cl/galeria-de-imagenes/>
<https://canamerica.cl/invernadero-tipo-tunel/>
<http://www.invernaderoschile.cl/>
<http://www.protekta.cl/sustratos-agricolas.html>
<http://www.cintac.cl/perfiles-Metalcon/>

131



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO
